

АЛИТИРОВАНИЕ В ДИНАМИЧЕСКИХ НАСЫЩАЮЩИХ СРЕДАХ

Ларионова Н.Л., Порываев Д.А.

Руководитель - к.т.н. Бурнышев И.Н.

ГОУ ВПО УдГУ, г. Ижевск,

E-mail: inburn@mail.ru

Алитирование – процесс диффузионного насыщения поверхности материала алюминием. Целью алитирования является повышение окалинстойкости и сопротивления атмосферной коррозии. В настоящее время алитированию подвергают углеродистые стали, чугуны, титан, медь и другие металлы.

Диффузионное насыщение проводили в специально созданной лабораторной установке для химико-термической обработки (ХТО) в динамических насыщающих средах. Данная установка позволяет проводить процессы ХТО в диапазоне температур от 100 °С до 1100 °С и при скоростях вращения от 5 об/мин до 1000 об/мин.

Динамическая насыщающая среда представляет собой гетерогенную систему, в которой путём соответствующей организации движения создаётся интенсивное перемешивание частиц мелкозернистого материала. Применение такого процесса позволяет значительно сократить время обработки изделий и получать слои одинаковой толщины по всей поверхности изделия по сравнению с алитированием традиционным способом, то есть в порошковой засыпке в контейнерах. Алитирование проводилось на образцах из стали 20, стали 45 и меди М1. Площадь образцов 20x10 мм² и толщина 1,5 – 4 мм.

В состав насыщающей смеси входили: алюминиевая пудра, прокаленный оксид алюминия и NH_4Cl в качестве активатора. Общая масса смеси для барабана объемом 1,4 л составляла 150 г. Частицы насыщающей среды перемешивали и вместе с образцами загружали в барабан. Барабан помещался в печь и нагревался до температур насыщения в течение 40-60 мин. Процесс ХТО проводился при температуре $T=850\text{ }^{\circ}\text{C} - 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 1 ч - 4 ч. Регулирование температуры осуществлялась с помощью регулятора температуры типа ТРМ1. Скорость вращения барабана ω варьировалась от 0 об/мин до 300 об/мин. Охлаждение барабана после диффузионного насыщения осуществлялось вместе с печью. Извлеченные из барабана, промытые и просушенные образцы исследовали методами металлографии и дюротметрии.

Исследование влияния скорости вращения барабана на толщину получаемых покрытий проводились при температуре 900 °С и времени выдержки 2 ч. Установлено, что зависимость толщины слоя от скорости вращения барабана имеет сложный характер. При малых скоростях вращения барабана (менее 10 об/мин) образуются слои малой толщины из-за малой концентрации адсорбированных атомов алюминия. Увеличение скорости вращения барабана до $\omega=60$ об/мин для стали и $\omega=90$ об/мин для меди приводит к формированию слоев максимальной толщины. При дальнейшем увеличении

скорости вращения барабана формируются слои меньшей толщины. Полученные результаты можно объяснить тем фактом, что при малых скоростях вращения барабана насыщающая смесь около образца благодаря перемешиванию обеспечивает постоянный доступ активных атомов алюминия к поверхности. При увеличении скорости вращения выше оптимальной время контакта между диффундирующими элементами и поверхностью образца уменьшается и его становится недостаточно для их адсорбции на поверхности. Более размытый максимум у меди и отличие в скоростях вращения барабана, при которых получают максимальные по толщине слои для стали и меди, можно объяснить тем, что у этих металлов различные коэффициенты диффузии алюминия, поэтому для меди необходимо меньшее время контакта поверхности с насыщающими частицами.

Исследования влияния температуры ХТО на толщину слоя, проведенные в интервале температур 850 °С – 1000 °С, времени выдержки 2 ч и скорости вращения $\omega=20$ об/мин, показали что, при увеличении температуры обработки формируются слои большей толщины. Зависимость толщины покрытия от температуры обработки имеет вид, близкий к экспоненциальному как на стали, так и на меди. Увеличение времени обработки приводит к увеличению толщины покрытий по закону, близкому к параболическому. Здесь хотелось бы подчеркнуть то, что для получения слоев одинаковой толщины в случае неподвижной среды необходимы времена выдержки в два раза большие, чем при насыщении в динамических средах.

Зависимости толщины покрытия от температур ХТО для различных скоростей вращения барабана качественно не изменяются, а изменяются лишь толщины слоев. То же самое можно сказать о зависимостях толщины слоев от скорости вращения барабана при различных температурах ХТО.

Рентгеноструктурный анализ показал, что основной составляющей диффузионного слоя на сталях является фаза FeAl, под ней располагается твердый раствор алюминия в железе, за ним идет зона, обогащенная оттесненным алюминием углеродом и плавно переходящая в матрицу исходного состава. На меди после алитирования на поверхности образца образуется хрупкая γ_2 фаза (Al_4Cu_9), далее идет зона продуктов эвтектоидного распада β -фазы (AlCu_3) на эвтектоидную смесь $\alpha+\gamma_2$ фаз и примыкающая к матрице зона твердого раствора алюминия в меди.

Были исследованы зависимости микротвердости диффузионного покрытия на меди от температуры насыщения и скорости вращения барабана. С ростом температуры микротвердость покрытия на меди падает, что, скорее всего, вызвано большей скоростью диффузии при высоких температурах и тем самым меньшим содержанием алюминия в поверхностном слое. С увеличением скорости вращения барабана микротвердость покрытия на меди увеличивается и достигает максимума при $\omega=90$ об/мин, $T=900$ °С, $t=2$ ч. При скорости вращения более 90 об/мин формируются слои с меньшей микротвердостью.

Микротвердость на поверхности большинства образцов оказалась ниже, чем на некотором удалении вглубь образца. Возможно, это связано с тем, что в приповерхностной зоне в основном сконцентрирована пористая γ_2 -фаза.

Характер зависимости микротвердости на стали 20 от температуры ХТО и скорости вращения барабана качественно совпадает с результатами, полученными на медных образцах. Отличие состоит лишь в величине микротвердости и наличием небольшого пика в зоне, обогащенной углеродом, оттесненным из покрытия алюминием.

Из изложенного выше следует, что применение динамических насыщающих сред является перспективным для развития современных методов ХТО. Применительно к алитированию динамические насыщающие среды позволяют получать качественные слои, при этом время обработки сокращается в 1,5-2 раза и уменьшается расход насыщающих элементов. Установлено, что толщина диффузионных слоев зависит не только от температурно-временных параметров, но и от скорости вращения барабана. Максимум наблюдается в диапазоне 60 об/мин – 90 об/мин.